



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104454409 B

(45)授权公告日 2018.04.27

(21)申请号 201410710318.9

F01D 15/10(2006.01)

(22)申请日 2014.12.01

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104454409 A

CN 103256191 A, 2013.08.21,  
CN 204312262 U, 2015.05.06, 权利要求1-4.

(43)申请公布日 2015.03.25

CN 201826909 U, 2011.05.11, 全文.  
CN 102454563 A, 2012.05.16, 全文.  
CN 202483640 U, 2012.10.10, 全文.  
US 2011/0137480 A1, 2011.06.09, 全文.  
JP 特开2011-214732 A, 2011.10.27, 全文.

(73)专利权人 浙江大学  
地址 310027 浙江省杭州市西湖区浙大路  
38号

审查员 朱钰荣

(72)发明人 张良 张晓鹏 华蒙 王宇飞  
陆海 范利武 俞自涛 胡亚才

(74)专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公  
司 33200  
代理人 张法高

(51)Int. Cl.  
F03G 6/06(2006.01)

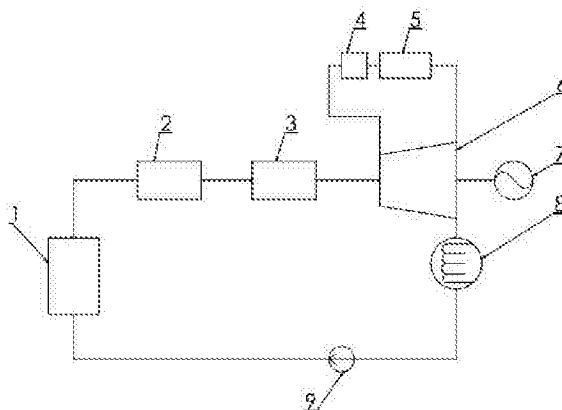
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种太阳能辅助再热过热热力发电系统及  
减排扩容方法

(57)摘要

本发明公开了一种太阳能辅助再热过热热力发电系统及减排扩容方法。它包括锅炉、烟气过热器、太阳能过热器、太阳能再热器、烟气再热器、汽轮机、发电机、冷凝器、循环泵；锅炉、烟气过热器、太阳能过热器、汽轮机、冷凝器、冷凝器、锅炉顺次连接构成环路，汽轮机低压缸入口、太阳能再热器、烟气再热器、汽轮机高压缸出口顺次连接构成环路，汽轮机与发电机相连。本发明通过利用太阳能蓄热换热器作为再热器和过热器，增加现有热力发电系统的过热面和再热面，实现太阳能对燃煤的部分功能替代，达到减排和扩容的目的，实现了太阳能的经济利用以及现有电站的排放降低目的。



1. 一种太阳能辅助再热过热热力发电系统,其特征在於包括锅炉(1)、烟气过热器(2)、太阳能过热器(3)、太阳能再热器(4)、烟气再热器(5)、汽轮机(6)、发电机(7)、冷凝器(8)、循环泵(9);锅炉(1)、烟气过热器(2)、太阳能过热器(3)、汽轮机(6)、冷凝器(8)、循环泵(9)、锅炉(1)顺次连接构成环路,汽轮机(6)低压缸入口、太阳能再热器(4)、烟气再热器(5)、汽轮机(6)高压缸出口顺次连接构成环路,汽轮机(6)与发电机(7)相连。

2. 一种太阳能辅助再热过热热力发电系统,其特征在於包括锅炉(1)、烟气过热器(2)、太阳能过热器(3)、太阳能再热器(4)、烟气再热器(5)、汽轮机(6)、发电机(7)、冷凝器(8)、循环泵(9)、过热蒸汽流量调节器(10)、再热蒸汽流量调节器(11);烟气过热器(2)与太阳能过热器(3)并联后一端经汽轮机(6)、冷凝器(8)、循环泵(9)、锅炉(1)、过热蒸汽流量调节器(10)一端顺次相连,过热蒸汽流量调节器(10)另一端与烟气过热器(2)与太阳能过热器(3)并联后另一端相连,太阳能再热器(4)与烟气再热器(5)并联后一端经再热蒸汽流量调节器(11)与汽轮机(6)高压缸出口相连,另一端与汽轮机(6)低压缸入口相连,汽轮机(6)与发电机(7)相连。

3. 根据权利要求1所述的太阳能辅助再热过热热力发电系统,其特征在於所述的太阳能过热器(3)和太阳能再热器(4)采用直接聚光蓄热或间接聚光蓄热两种结构;直接聚光蓄热结构包括过热/再热换热管(12)、蓄热介质本体(13)、吸热腔(14)和聚光镜场(15);蓄热介质本体(13)内部装有过热/再热换热管(12),蓄热介质本体(13)的一端设有吸热腔(14),聚光镜场(15)将太阳光聚焦到吸热腔(14)内;间接聚光蓄热结构包括过热/再热换热管(12)、蓄热介质本体(13)、吸热腔(14)和聚光镜场(15)、蓄热加热管(16)、太阳能回路连接管(17);蓄热介质本体(13)内部分别装有过热/再热换热管(12)和蓄热加热管(16);吸热腔(14)通过太阳能回路连接管(17)与蓄热加热管(16)构成循环回路;聚光镜场(15)将太阳光聚焦到吸热腔(14)内。

4. 根据权利要求1所述的太阳能辅助再热过热热力发电系统,其特征在於所述的太阳能过热器(3)和太阳能再热器(4)为500℃~1300℃高温太阳能蓄热器,蓄热工质包括高温熔岩和石墨。

## 一种太阳能辅助再热过热热力发电系统及减排扩容方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及热力发电系统及太阳能技术,尤其涉及一种太阳能辅助再热过热热力发电系统及减排扩容方法。

### 背景技术

[0002] 我国锅炉以燃煤为主,其中燃煤电站锅炉近年来向大容量、高参数方向快速发展,无论是生产制造还是运营管理均已接近国外先进水平;而燃煤工业锅炉保有量大、分布广、能耗高、污染重,能效和污染控制整体水平与国外相比有一定的差距,节能减排潜力巨大。截至2012年底,我国在用燃煤工业锅炉达46.7万台,总容量达178万蒸吨,年消耗原煤约7亿吨,占全国煤炭消耗总量的18%以上。

[0003] 随着全球环境保护意识的不断提高,节能减排战略的不断深入,工业排放标准越来越严格。大型燃煤电站通过“近零排放”技术,已实现对SO<sub>x</sub>,NO<sub>x</sub>,粉尘等污染物减排的有效控制。然而,随着全球温室气体排放公约的逐步实施,传统燃煤电站仍然面临CO<sub>2</sub>减排的挑战。

[0004] 而且,更值得注意的是,“近零排放”技术目前仅仅在大电站得到推广,对于300MW及以下燃煤机组的排放问题,目前并没有达到天然气标准。值得指出的是,目前我国大多数燃煤工业锅炉容量较小,单台平均容量仅为3.8吨/时,其中2吨/时以下台数占比达66.5%,10吨/时以下的燃煤工业锅炉大多没有配置有效的除尘装置,基本没有脱硫脱硝设施,排放超标严重,其污染排放问题亟待解决。“上大压小”、新型节能锅炉替代现有低效锅炉等是解决当前小锅炉污染排放采取的主要手段和方法。

[0005] 然而,由于煤炭是一种全碳基化石燃料,现有的技术思路仍然无法实现对CO<sub>2</sub>排放的有效减少。即使采用CO<sub>2</sub>吸收技术,如何处理回收的CO<sub>2</sub>也是面临的一个重大挑战。因此,最终实现CO<sub>2</sub>的减小只能通过新能源替代技术和提高系统能效两种途径实现。

[0006] 太阳能作为一种清洁可再生的能源,由于其能量密度较低,投资成本较高,经济性是其发展面临的主要阻力,但其在减少污染物排放具有重要意义。而与此同时,对现有小型电站进行淘汰也面临重大资产损耗问题,如何利用现有燃煤电站的系统设备,结合太阳能技术实现对现有机组污染物排放达标的同时,提高太阳能利用的经济性,具有重要的意义。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的是克服现有技术的不足,提供一种太阳能辅助再热过热热力发电系统及减排扩容方法。

[0008] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0009] 一种太阳能辅助再热过热热力发电系统包括锅炉、烟气过热器、太阳能过热器、太阳能再热器、烟气再热器、汽轮机、发电机、冷凝器、循环泵;锅炉、烟气过热器、太阳能过热器、汽轮机、冷凝器、冷凝器、锅炉顺次连接构成环路,汽轮机低压缸入口、太阳能再热器、烟气再热器、汽轮机高压缸出口顺次连接构成环路,汽轮机与发电机相连。

[0010] 另一种太阳能辅助再热过热热力发电系统包括锅炉、烟气过热器、太阳能过热器、太阳能再热器、烟气再热器、汽轮机、发电机、冷凝器、循环泵、过热蒸汽流量调节器、再热蒸汽流量调节器；烟气过热器与太阳能过热器并联后一端经汽轮机、冷凝器、循环泵、锅炉、过热蒸汽流量调节器一端顺次相连，过热蒸汽流量调节器另一端与烟气过热器与太阳能过热器并联后另一端相连，太阳能再热器与烟气再热器并联后一端经再热蒸汽流量调节器与汽轮机高压缸出口相连，另一端与汽轮机低压缸出口相连，汽轮机与发电机相连。

[0011] 所述的太阳能过热器和太阳能再热器采用直接聚光蓄热或间接聚光蓄热两种结构；直接聚光蓄热结构包括过热/再热换热管、蓄热介质本体、吸热腔和聚光镜场；蓄热介质本体内部装有过热/再热换热管，蓄热介质本体的一端设有吸热腔，聚光镜场将太阳光聚焦到吸热腔内；间接聚光蓄热结构包括过热/再热换热管、蓄热介质本体、吸热腔和聚光镜场、蓄热加热管、太阳能回路连接管；蓄热介质本体内部分别装有过热/再热换热管和蓄热加热管；吸热腔通过太阳能回路连接管与蓄热加热管构成循环回路；聚光镜场将太阳光聚焦到吸热腔内。所述的太阳能过热器和太阳能再热器为 $500^{\circ}\text{C}\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 高温太阳能蓄热器，蓄热工质包括高温熔岩和石墨。

[0012] 太阳能辅助再热/过热热力发电系统的减排/扩容方法是：通过在现有热力发电系统的基础上在烟气过热器和烟气再热器上分别串联或并联以太阳能为热源的太阳能过热器和太阳能再热器增加现有系统过热面和再热面；通过保证循环流量不变减小锅炉燃煤量和保证燃煤量不变增加锅炉循环流量，利用太阳能过热器和太阳能再热器增加的换热面补偿由于增加流量和减小燃煤导致的原有系统循环中锅炉以及烟气再热器和烟气过热器的热力不平衡，保证过热器和再热器出口的蒸汽参数达到原有设计目标值；在串联条件下，锅炉以及烟气再热器和烟气过热器的出口参数均较原有参数降低，通过串联太阳能过热器、太阳能再热器，加热到设计目标参数；在并联条件下，锅炉出口参数降低，通过过热蒸汽流量调节器和再热蒸汽流量调节器减小烟气再热器和烟气过热器的流量，通过并联太阳能过热器、太阳能再热器保证剩余蒸汽的加热，使得出口蒸汽参数达到设计要求；最终实现通过在保证系统功率的同时减小燃煤量达到减排和在相同煤耗条件下增加系统循环流量提高系统总功率的目的。

[0013] 本发明与现有技术相比具有的有益效果：

[0014] 1) 利用太阳能蓄热换热器作为再热器和过热器，增加现有热力发电系统的过热面和再热面，实现对燃煤的部分替代，达到减排的目的；

[0015] 2) 本系统对现有电站系统的改动很小，而且，太阳能系统的增加并没有引起新系统运行稳定性对太阳能不连续性的依赖性，在保证太阳能充分利用的同上，也保证了原有系统的独立运行；

[0016] 3) 本系统通过太阳能蓄热，作为一个独立单元，还可实现利用太阳能实现调节系统峰谷供能的功能。

## 附图说明

[0017] 图1(a)是太阳能辅助再热过热热力发电系统示意图(串联)；

[0018] 图1(b)是太阳能辅助再热过热热力发电系统示意图(并联)；

[0019] 图2(a)是直接聚光蓄热式太阳能过热器/再热器示意图；

[0020] 图2(b)是间接聚光蓄热式太阳能过热器/再热器示意图;

[0021] 图中:锅炉1、烟气过热器2、太阳能过热器3、太阳能再热器4、烟气再热器5、汽轮机6、发电机7、冷凝器8、循环泵9、过热蒸汽流量调节器10、再热蒸汽流量调节器11、过热/再热换热管12、蓄热介质本体13、吸热腔14、聚光镜场15、蓄热加热管16、太阳能回路连接管17。

### 具体实施方式

[0022] 如图1(a)所示,一种太阳能辅助再热过热热力发电系统包括锅炉1、烟气过热器2、太阳能过热器3、太阳能再热器4、烟气再热器5、汽轮机6、发电机7、冷凝器8、循环泵9;锅炉1、烟气过热器2、太阳能过热器3、汽轮机6、冷凝器8、冷凝器9、锅炉1顺次连接构成环路,汽轮机6低压缸入口、太阳能再热器4、烟气再热器5、汽轮机6高压缸出口顺次连接构成环路,汽轮机6与发电机7相连。

[0023] 如图1(b)所示,另一种太阳能辅助再热过热热力发电系统包括锅炉1、烟气过热器2、太阳能过热器3、太阳能再热器4、烟气再热器5、汽轮机6、发电机7、冷凝器8、循环泵9、过热蒸汽流量调节器10、再热蒸汽流量调节器11;烟气过热器2与太阳能过热器3并联后一端经汽轮机6、冷凝器8、循环泵9、锅炉1、过热蒸汽流量调节器10一端顺次相连,过热蒸汽流量调节器10另一端与烟气过热器2与太阳能过热器3并联后另一端相连,太阳能再热器4与烟气再热器5并联后一端经再热蒸汽流量调节器11与汽轮机6高压缸出口相连,另一端与汽轮机6低压缸出口相连,汽轮机6与发电机7相连。

[0024] 如图2(a)和2(b)所示,所述的太阳能过热器3和太阳能再热器4采用直接聚光蓄热或间接聚光蓄热两种结构;直接聚光蓄热结构包括过热/再热换热管12、蓄热介质本体13、吸热腔14和聚光镜场15;蓄热介质本体13内部装有过热/再热换热管12,蓄热介质本体13的一端设有吸热腔14,聚光镜场15将太阳光聚焦到吸热腔14内;间接聚光蓄热结构包括过热/再热换热管12、蓄热介质本体13、吸热腔14和聚光镜场15、蓄热加热管16、太阳能回路连接管17;蓄热介质本体13内部分别装有过热/再热换热管12和蓄热加热管16;吸热腔14通过太阳能回路连接管17与蓄热加热管16构成循环回路;聚光镜场16将太阳光聚焦到吸热腔14内。所述的太阳能过热器3和太阳能再热器4为500℃~1300℃高温太阳能蓄热器,蓄热工质包括高温熔岩和石墨。

[0025] 太阳能辅助再热/过热热力发电系统的减排/扩容方法是:通过在现有热力发电系统的基础上在烟气过热器2和烟气再热器5上分别串联或并联以太阳能为热源的太阳能过热器3和太阳能再热器4增加现有系统过热面和再热面;通过保证循环流量不变减小锅炉燃煤量和保证燃煤量不变增加锅炉循环流量,利用太阳能过热器3和太阳能再热器4增加的换热面补偿由于增加流量和减小燃煤导致的原有系统循环中锅炉2以及烟气再热器5和烟气过热器2的热力不平衡,保证过热器和再热器出口的蒸汽参数达到原有设计目标值;在串联条件下,锅炉2以及烟气再热器5和烟气过热器2的出口参数均较原有参数降低,通过串联太阳能过热器3、太阳能再热器4,加热到设计目标参数;在并联条件下,锅炉2出口参数降低,通过过热蒸汽流量调节器10和再热蒸汽流量调节器11减小烟气再热器5和烟气过热器2的流量,通过并联太阳能过热器3、太阳能再热器4保证剩余蒸汽的加热,使得出口蒸汽参数达到设计要求;最终实现通过在保证系统功率的同时减小燃煤量达到减排和在相同煤耗条件下增加系统循环流量提高系统总功率的目的。

[0026] 太阳能辅助再热过热热力发电系统的实施过程如下:通过在现有电站周边安装聚光反射镜,实现对太阳能过热器和太阳能再热器进行高倍聚光蓄热,在保证电站系统功率不变的前提下,减少锅炉的燃煤量,同时适当调整锅炉循环流量,即锅炉燃烧产生的热量减少,导致锅炉出口的蒸汽品位有所降低,同时也造成锅炉过热器和再热器的高温烟气流量减小,此时通过在原有过热器上串联或并联太阳能过热器,保证汽轮机入口蒸汽的参数达到设计目标,同时在原有过热器上串联或者直接并联太阳能再热器增加现有汽轮机组的再热流量,来补偿由于锅炉循环流量减小带来的功率减小,即通过太阳能过热器和再热器由于燃煤减少带来的供热不平衡,最终保证了整个热力系统的输出功率。由于燃煤量的减少,从而从本质上实现了排放物的降低。

[0027] 当燃煤量不变是,由于太阳能过热器和太阳能再热器提供了更多的换热面和换热量,因此,可以相应的提高锅炉系统的流量,以满足系统的热量平衡,最终实现了系统的输出功率的增加,而且,考虑到现有汽轮机组在设计上均有较大的余量,因此,增加的热量完全可以通过现有的汽轮机组实现发电,最终达到了扩容的目的。

[0028] 在并联条件下,根据太阳能过热器和太阳能再热器的蓄热能力以及电站附近的太阳能资源特点,通过调节蒸汽流量调节阀,正常用电情况下,太阳能过热器和太阳能再热器仅蓄热,在用电高峰时,通过太阳能过热器和太阳能再热器提高系统的功率而不是通过增加锅炉负荷,从而保证了锅炉负荷的平稳,实现了峰谷供能的目的。

[0029] 本发明通过太阳能蓄热换热器作为再热器和过热器,增加现有热力发电系统的过热面和再热面,实现太阳能对燃煤的部分功能替代,达到减排和扩容的目的,实现了太阳能的经济利用以及现有电站的排放降低目的。

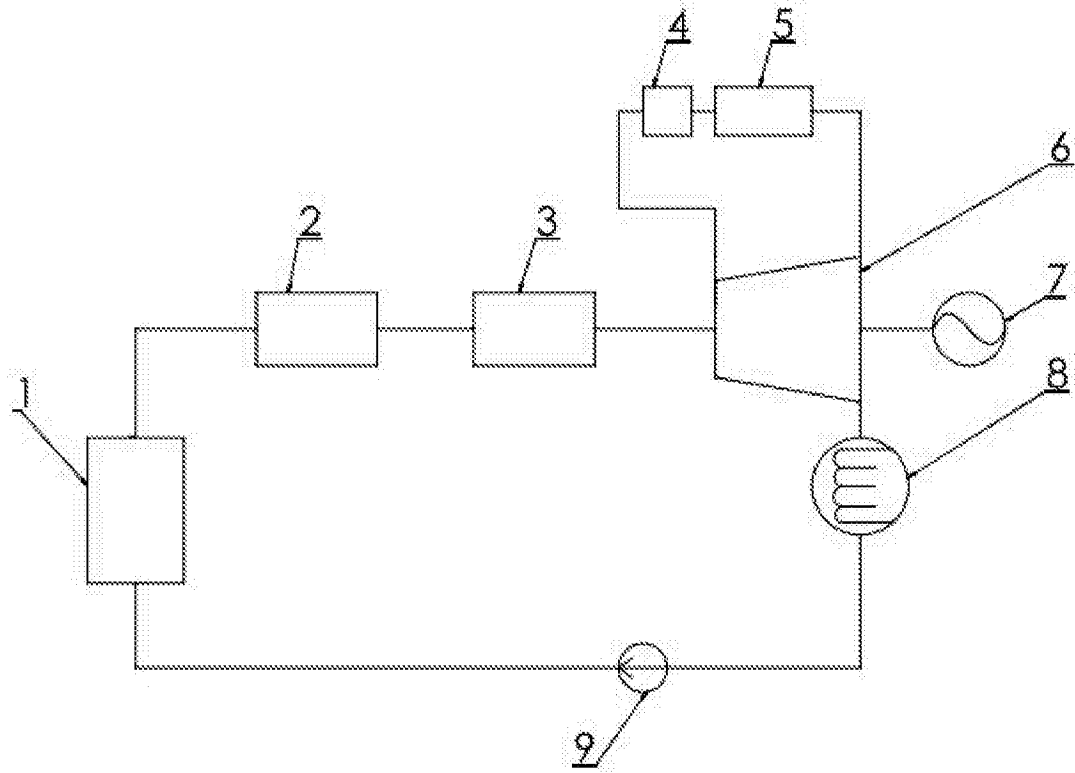


图1(a)

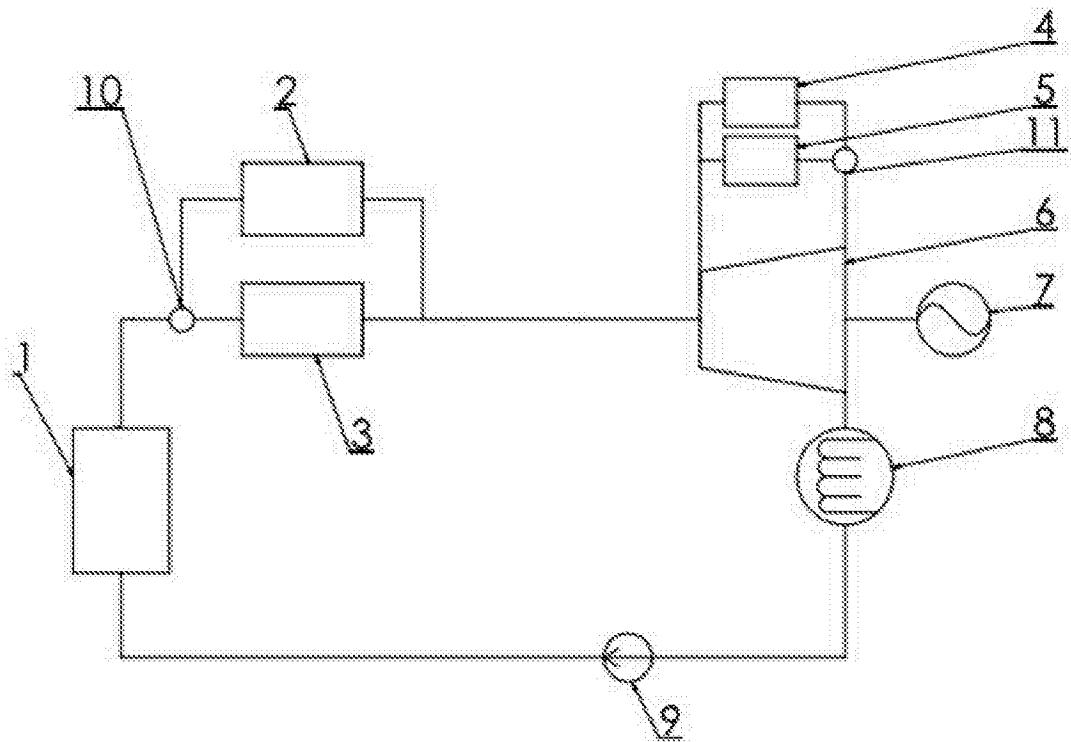


图1(b)

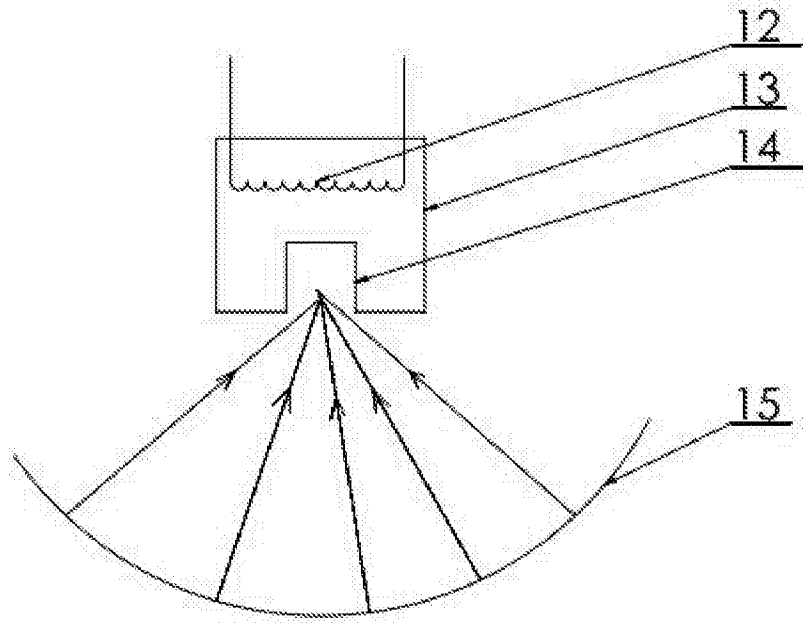


图2(a)

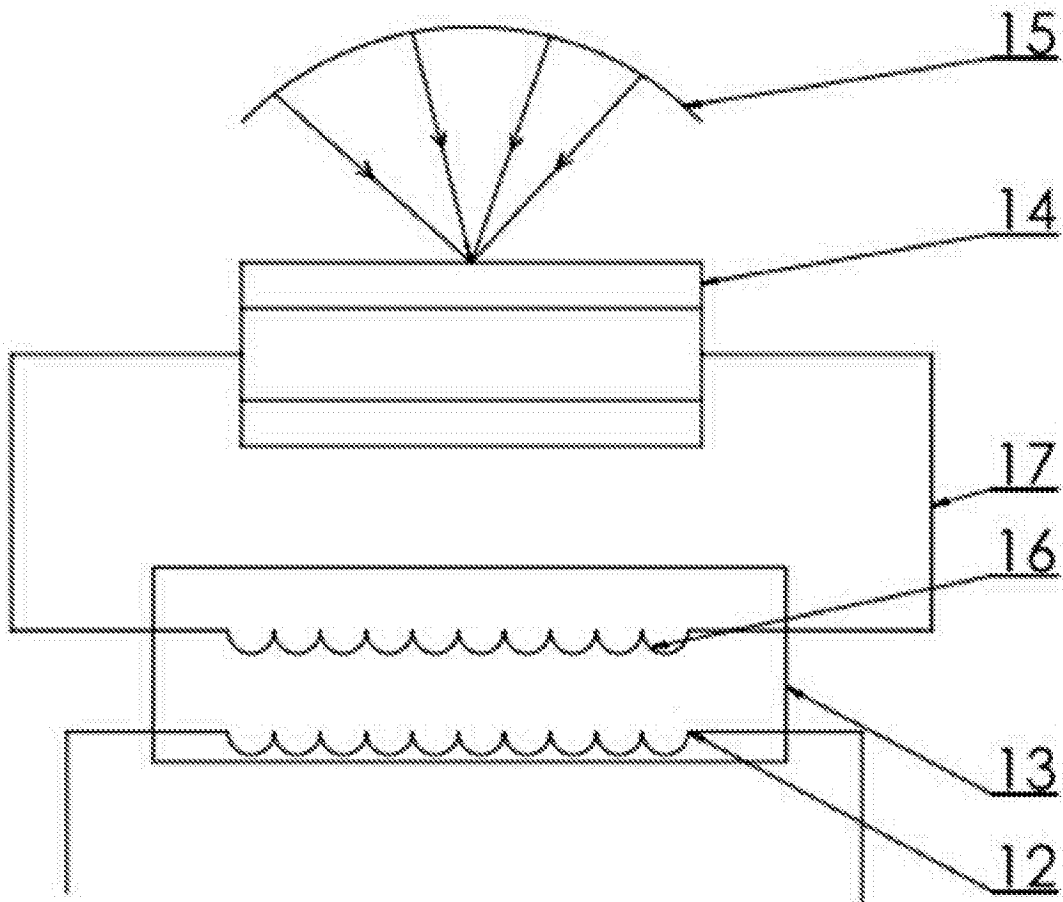


图2(b)